



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑬ **DE 198 16 651 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
F 17 C 1/00

① Aktenzeichen: 198 16 651.6
② Anmeldetag: 15. 4. 98
③ Offenlegungstag: 25. 11. 99

JE only
Transl. a th chart

DE 19816651 A1

⑦ Anmelder:
ET GmbH-Gesellschaft für innovative Energie- und Wasserstofftechnologie, 85521 Ottobrunn, DE

72 Erfinder:
Seidel, Albert, 85635 Höhenkirchen-Siegertsbrunn, DE; Grafwallner, Franz, 83684 Tegernsee, DE

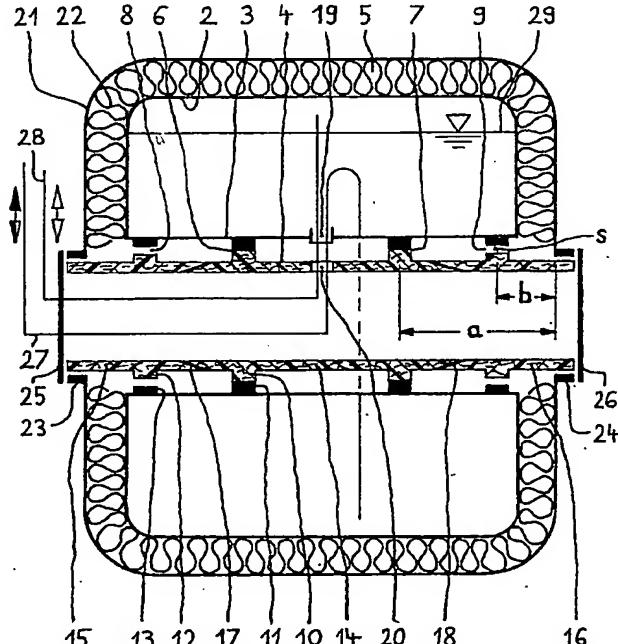
⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 37 41 625 A1 6 HW
US 39 79 005 Boeing.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Speicheranordnung für tiefkalte Fluide

57 Speicheranordnung für tiefkalte Fluide mit einem befüll- und entleerbaren Behälter, mit einer wärmeisolierenden Behälteraufhängung und mit einer den Behälter umhüllenden Vakuumisolierung.
Die Speicheranordnung weist
- ein zentral in den Behälter integriertes, durchgehend offenes Rohr,
- ein durch das Rohr bis zur äußeren Hülle der Vakuumisolierung führendes und dort gelagertes Tragrohr aus wärmeisolierendem Faserverbundwerkstoff sowie
- mindestens einen, das Rohr und das Tragrohr im Bereich der Behältermitte im kaltenden Zustand kraftschlüssig verhindenden Schrumpfsitz auf.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Speicheranordnung für tiefskalte Fluide, insbesondere für die Speicherung von Flüssiggas als Treibstoff in Kraftfahrzeugen, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Kryogene Tankanordnungen der genannten Art umfassen also – mindestens – einen befüll- und entleerbaren Behälter zur Aufnahme und Speicherung des jeweiligen tiefskalten Fluids sowie eine "anspruchsvolle" Wärmeisolierung, wobei besonders niedrige Wärme- bzw. Kälteverluste bei technisch und wirtschaftlich vertretbaren Isolationsdicken meist nur mit Vakuumisolierungen erreichbar sind. Die äußere Hülle der Isolierung kann selbst als Behälter/Gefäß mit angepaster Eigenstabilität ausgeführt sein. Es sind auch mechanisch belastbare Füllstoffe für den evakuierten Raum bekannt, welche es ermöglichen, die Isolierungshülle oder den – meist inneren – Behälter (es gibt auch Behälter mit Innensicherung) sehr dünnwandig und somit für sich nicht druck- bzw. vakuumfest auszuführen, wobei der Füllstoff die atmosphärischen Druckkräfte aufnimmt. Solche Stoffe sind beispielsweise Kieselgur, SiO_2 -Aerogel oder offenzellige Schaumstoffe, wobei diese einerseits die Strukturfestigkeit erhöhen, andererseits die Isolationswirkung durch erhöhte Wärmeleitung verschlechtern. Es sind auch hochreflektierende, "verspiegelte" Metall- und Kunststofffolien bekannt, welche mit und ohne Abstandshalter in mehrere Schichten im evakuierten Raum angeordnet werden, um Wärme-/Kälteverluste durch Strahlung zu reduzieren. Diese Isolierfolien sind auch mit druckfesten Füllstoffen – wie obenstehend genannt – kombinierbar. Bei einem Behälter mit Vakuum-Außenisolierung wäre es möglich, einen so festen Füllstoff im evakuierten Zwischenraum vorzusehen, daß der Behälter praktisch ausschließlich vom Füllstoff getragen und zentriert wird. Somit wäre keine separate Aufhängung des Behälters in der äußeren Vakuumhülle erforderlich. Abgesehen von der bereits genannten Isolationsverschlechterung durch höhere Wärmeleitung bestünde dabei die Gefahr, daß der Behälter von Anfang an nicht zentrisch in der Isolierung sitzt oder zumindest im Laufe der Zeit u. a. durch Schwerkraffteinfluß in eine exzentrische Lage wandert mit dem Nachteil, daß die Isolierung einseitig dünner und somit schlechter wird. Außerdem können Zu- und Ableitungen zum/vom Behälter infolge seines Versatzes verengen, knicken, brechen usw.

Deshalb ist in der Regel eine definierte Behälteraufhängung innerhalb des Vakuumgefäßes/der Außenhülle mit wärmeisolierenden, für statische und ggf. dynamische Belastung ausgelegten Aufhängungselementen vorgesehen.

Die US-PS 3,979,005 beschreibt einen innenisolierten Tieftemperaturtank für Flugzeuge zur Aufnahme von flüssigem Methan, flüssigem Erdgas oder flüssigem Wasserstoff. Da das Flugzeug hauptsächlich in großen Höhen, d. h. in relativ kalter Umgebung, fliegen soll, ist nur eine vergleichsweise dünne, nicht-evakuierte Schaumstoffisolierung auf der Tankinnenseite vorgesehen. Der Tankbehälter ist als Zylinder mit halbtorusförmigen Stirnwänden – erinnernd an die Kontur eines Apfels im Bereich seiner stielzugewandten Seite – ausgeführt, so daß die Stirnwandmitten trichterartig ein Stück in das Tankinnere ragen und dort mit ebenen Platten verschlossen sind. Die Tankaufhängung in der Flugzeugzelle umfaßt einen zentralen Lagerkonus, welcher in einen der beiden Stirnwandtrichter führt sowie mehrere Lagerstellen am Außenumfang des anderen Tankendes mit einer ringförmigen Tankverstärkung in diesem Bereich, elastischen aber scherfesten Blechlaschen und in Richtung auf den Lagerkonus orientierten Streben. Es wird darauf hingewiesen, daß die Tankform in Kombination mit der speziellen Auf-

hängung zu minimalen Thermospannungen sowie einer exakten Tankzentrierung und -positionierung führen soll. Die erforderlichen Leitungen für den Treibstoff etc. sind durch den freien Stirnwandtrichter, d. h. zentral, in den Tank geführt. Betrachtet man die Flugzeugzelle als Vakuumgefäß,

5 so ließe sich die beschriebene Anordnung auch auf Behälter mit außenliegender Vakuumisolierung übertragen. Allerdings dürfte die aufwendige Art der Aufhängung nur bei relativ großen, dünnwandigen und somit empfindlichen 10 Leichtbaubehältern sinnvoll sein. Gewisse Teilmerkmale dieser Konstruktion, wie die zentrale, in das Behälterinnere reichende Lagerung oder die zentrale Leitungsführung, können so oder in weiter verbesserter Form auch bei kleineren, einfacheren Konstruktionen vorteilhaft sein.

15 Hiervom ausgehend besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine Speicheranordnung für tiefskalte Fluide zu schaffen, welche besonders für kleinere Speichervolumina und mobile Anwendungen, wie z. B. in Landkraftfahrzeugen, geeignet ist und welche sich durch eine relative einfache und 20 preiswerte Konstruktion, eine ausgezeichnete Isolationswirkung sowie eine problemlose Aufnahme der zu erwartenden Belastungen bei exakter Positionierung und Zentrierung des Speicherbehälters auszeichnet.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst, in Verbindung mit den gatungsbildenden Merkmalen in dessen Oberbegriff. Die Behälteraufhängung besteht somit nur aus einem Tragrohr in Faserverbundtechnik, auf dem ein zentral durch den Behälter führendes und in letzteren integriertes Rohr sitzt. Das 25 Tragrohr reicht bis zur äußeren Hülle der Vakuumisolierung und ist dort gelagert. Der mindestens eine, durch Abkühlung aktivierte Schrumpfsitz zwischen Rohr und Tragrohr überträgt radiale, axiale und kombinierte Lasten durch Kraftschluß, d. h. ohne Relativbewegung im Sitzbereich. Die 30 zentrale Lage des mindestens einen Schrumpfsitzes, d. h. der wärmeleitenden Kontaktstelle zwischen Tragrohr und Behälter, im Behälterinneren, die langen Wärmeleitwege zu den Tragrohrenden sowie die wärmeisolierenden Eigenschaften des Tragrohres (Material, kleine Wandquerschnittsfläche) ermöglichen ein ausgezeichnetes Isolationsverhalten der Anordnung. Die Faserverbundbauweise des Tragrohres macht dieses leicht, formstabil und mechanisch hoch belastbar, wobei der gewählte Kraftfluß Behälter/Rohr/Tragrohr – und umgekehrt – zu einer günstigen Spannungsverteilung in 35 den Behälterwänden führt.

Die Unteransprüche kennzeichnen bevorzugte Ausgestaltungen der Speicheranordnung nach dem Hauptanspruch.

Die Erfindung wird anschließend anhand der Zeichnung noch näher erläutert. Diese zeigt in stark vereinfachter, nicht maßstabslicher Darstellung einen Längsschnitt durch eine erfundungsgemäße Speicheranordnung.

Die Speicheranordnung 1 umfaßt zunächst zwei Hauptelemente, nämlich einen das zu speichernde Medium aufnehmenden Behälter 2 und eine diesen umschließende Vakuumisolierung 5, hier mit einem eigenstabilen, äußeren Vakuumgefäß 21. Der Behälter 2 ist hier der Einfachheit halber als rotationssymmetrisches, großteils zylindrisches Gebilde dargestellt. In der Praxis kommen jedoch weitgehend beliebige, kompakte Formen in Frage, z. B. mit ovalen, elliptischen, mehrreckigen, stellenweise abgeflachten sowie eingezogenen bzw. ausgebauchten Querschnitten sowie mit sich über die Behälterlänge ändernder Querschnittsform. Das Verhältnis Behälterlänge/Behälterquerschnitt bzw. /-durchmesser ist auch in weiten Grenzen beliebig. Im Hinblick auf optimale Isolation sollte man jedoch bestrebt sein, die Behälteroberfläche in Relation zum -volumen zu minimieren, d. h. seine Form der Kugelform anzunähern, zumindest jedoch ausreichend kompakte Formen zu wählen. Die Gestalt

des Vakuumgefäßes 21 wird derjenigen des Behälters 2 möglichst angepaßt, wobei allseitig gleiche Abstände (Isolierungsdicke) günstig sind. Das Isoliermaterial 22 symbolisiert wärmeisolierende Feststoffe und Festkörper verschiedenster Art mit der Bedingung, daß diese ausreichend evakuierbar sind. So kommen beispielsweise offenporige Kunststoffschäume, schüttfähige Füllungen aus Kieselgur oder SiO_2 -Aerogel, eine strahlungshemmende Folienschichtung (MLI = Multi Layer Insulation), schüttfähige Folienstücke und Kombinationen der genannten Möglichkeiten in Betracht. Es sei auch noch die Möglichkeit erwähnt, ein "reines" Vakuum ohne Zwischen-/Füllmaterial vorzusehen. Der Behälter 2 weist ein integriertes, seine beiden Stirnflächen verbindendes Rohr 3 auf, welches koaxial zur – gedachten – Behälterlängsachse angeordnet ist und somit einen zentralen, durchgehend offenen Kanal durch den Behälter 2 bildet. Das Rohr 3 dient primär der Aufhängung des Behälters 2 im Vakuumgefäß 21 unter Zwischenschaltung eines speziellen Tragrohres 4 aus wärmeisolierendem Faserverbundwerkstoff. Als lastübertragende Kontaktstellen zwischen Rohr 3 und Tragrohr 4 sind zwei in der Nähe der Behälterlängsmitte positionierte Schrumpfsitze 6, 7 vorgesehen, welche beim Befüllen des Behälters durch Abkühlen aktiviert werden und im tiefkalten Zustand Axial- und Radiallasten kraftschlüssig ohne Relativbewegungen übertragen. Das Tragrohr 4 ist an seinen Enden im Vakuumgefäß 21 radial und axial möglichst spielfrei abgestützt, wofür ringförmige Lager 23, 24 und vakuumdichte Deckel 25, 26 vorgesehen sind. Das Vakuumgefäß 21 selbst ist vorzugsweise ebenfalls über die Lager bzw. Deckel 23 bis 26 mit angrenzenden – hier nicht dargestellten – Bauteilen mechanisch verbunden. Da das Rohr 3 sowie das Tragrohr 4 aus gewichts- und isolationstechnischen Gründen dünnwandig ausgeführt sind, weisen diese im Bereich der Schrumpfsitzen 6, 7 ringförmige Aufdickungen 10, 11 auf zur Erzielung einer ausreichenden Steifigkeit für eine kraftschlüssige Verbindung. Die relativ große Isolationslänge a, d. h. der axiale Abstand der Schrumpfsitze 6, 7 vom Vakuumgefäß 21, ist isolationstechnisch günstig, sie hat aber eine eher "weiche" Behälteraufhängung zur Folge. Die Kraftleitung nahe der axialen Tragrohrmitte führt zu beachtlichen Durchbiegungen des Tragrohres 4 unter stärkeren dynamischen Querlasten. Da der axiale Abstand zwischen den Schrumpfsitzen 6, 7 deutlich kleiner als die Behälterlänge ist, sind auch Kippbewegungen des Behälters 2 um gedachte Achsen quer zu seiner Längsachse zu erwarten unter elastischer Verformung der Aufhängungselemente (u. a. "S-Schlag" des Tragrohres 4). Dieser "weichen" Aufhängungscharakteristik wird in Form zweier dynamischer Stützlager 8, 9 entgegengewirkt, welche in geringem axialem Abstand b vom Vakuumgefäß 21 zwischen dem Rohr 3 und dem Tragrohr 4 angeordnet sind. Im statisch belasteten oder dynamisch gering belasteten Zustand sind die Stützlager 8, 9 infolge des allseitig offenen Radialspalts s zwischen den Aufdickungen 12, 13 unwirksam. Mangels Festkörperkontakt haben die Stützlager 8, 9 dabei keinerlei nachteiligen Einfluß auf die Isolationswirkung der Aufhängung. Nur bei stärkeren dynamischen Quer- bzw. Kipplasten schließen sich die Radialpalte s lokal und kurzfristig, d. h. die Stützwirkung kommt zum Tragen. Hierdurch ergibt sich ein zusätzlicher Kraftfluß durch die Tragrohrenden (Länge b), wodurch der mittlere Rohr- und Tragrohrbereich de facto entlastet wird. Somit wird eine temporäre, sprung- bzw. stufenartige Steifigkeiterhöhung der Aufhängung erzielt. Die kurzen Kontaktphasen der Stützlager 8, 9 haben jedoch keine relevante Erhöhung der Wärmeleitung, d. h. keine spürbare Verschlechterung der Isolationswirkung, zur Folge. Die dargestellte Tragrohrbauweise mit werkstoffmäßig unterschiedlichen Bereichen 14

bis 16 und zwei Übergangszonen 17, 18 ist speziell für die Speicherung von kryogenem Wasserstoff vorgesehen. Bei den extrem tiefen Temperaturen von flüssigem Wasserstoff zeigen kohlefaser verstärkte Kunststoffe eine bessere Isolationswirkung als glas- oder keramikfaserverstärkte Kunststoffe. Bei weniger extremen, kryogenen Temperaturen sind die Verhältnisse umgekehrt. Deshalb soll beim Tragrohr 4 der kälteste, mittlere Bereich 14 als Kohlefaserverbund, die weniger kalten, äußeren Bereiche 15, 16 als Glas- bzw. Keramikfaserverbunde ausgeführt sein. Die Übergangszonen 17, 18 liegen zwischen den Schrumpfsitzen 6, 7 und den Stützlagnern 8, 9. Für die Speicherung weniger kalter Flüssiggase und Flüssiggasmischungen, wie CH_4 oder LNG, wird man das Tragrohr als über die Länge einheitlichen Faserverbund fertigen. Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist die Leitungsführung durch das Innere des Tragrohres 4 zentral in den Behälter 2. Dabei weisen das Rohr 3 und das Tragrohr 4 korrespondierende Durchführungen 19, 20 auf, wobei die behälterseitige Durchführung 19 natürlich abgedichtet sein muß. Die Figur zeigt beispielhaft eine Leitung 27 für die Zufuhr und Entnahme des Speicherfluids sowie eine Entlüftungsleitung 28, welche beide vakuumdicht durch den Deckel 25 in das bzw. aus dem Vakuumgefäß 21 geführt sind. Eine vergleichbare Führung wäre für Strom- und andere Leitungen vorzusehen, wobei die Vorteile primär isolationstechnischer Art sind (lange Wärmeleitwege, nur ein zentraler Durchstoßbereich der Isolierung). Bei Vorhandensein wenigstens einer mechanisch stabilen Leitung kann diese für die Fixierung des Behälters 2 in Axial- und Umfangsrichtung bei nicht wirksamen Schrumpfsitzen, d. h. im warmen Zustand der Speicheranordnung 1, mitbenutzt werden.

Patentansprüche

1. Speicheranordnung für tiefkalte Fluide, insbesondere für die Speicherung von Flüssiggas als Treibstoff in Kraftfahrzeugen, mit einem das tiefkalte Fluid aufnehmenden, befüll- und entleerbaren Behälter, mit einer wärmeisolierenden, für statische und dynamische Belastung ausgelegten Behälteraufhängung und mit einer den Behälter umhüllenden Vakuumisolierung, vorzugsweise in Form eines zum Behälter allseitig beabstandeten Vakuumgefäßes mit schlecht wärmeleitendem und/oder strahlungsreflektierendem Isoliermaterial im evakuierten Zwischenraum, gekennzeichnet durch

- ein zentral in den Behälter (2) integriertes, gegenüberliegende Behälterseiten verbindendes, durchgehend offenes Rohr (3),
- ein durch das Rohr (3) sowie beiderseits des Behälters (2) bis zur äußeren Hülle (21) der Vakuumisolierung (5) führendes und dort gelagertes Tragrohr (4), welches aus wärmeisolierendem Faserverbundwerkstoff besteht und zumindest über den Großteil seiner Länge dünnwandig ausgeführt ist, sowie
- mindestens einen, das Rohr (3) und das Tragrohr (4) im Bereich der – axialen – Behälter- und Rohrmitte durch Kontraktion bei Abkühlung kraftschlüssig verbindenden Schrumpfsitz (6, 7).

2. Speicheranordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Schrumpfsitz oder zwei mit Abstand – axial hintereinander – im mittleren Rohr- und Behälterbereich angeordnete Schrumpfsitze (6, 7) sowie zwei als Radiallager ausgeführte, zwischen dem Rohr (3) und dem Tragrohr (4) angeordnete, dynamische Stützlager (8, 9) mit einem sich unter definierten dynamischen Lasten quer zum Rohr (3)/Tragrohr (4) örtlich

schließenden Radialspalt (s), wobei die Stützlager (8, 9) – axial – beiderseits des Schrumpfsitzes/der Schrumpfsitze (6, 7) im Bereich der Übergänge Rohr (3)/Behälter (2), d. h. der Rohrenden, angeordnet sind.

3. Speicheranordnung nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch ringförmige Aufdickungen (10, 11) des Rohres (3) und des Tragrohres (4) im Bereich des mindestens einen Schrumpfsitzes (6, 7) und, bei Vorhandensein dynamischer Stützlager (8, 9), auch in deren Bereich (12, 13).

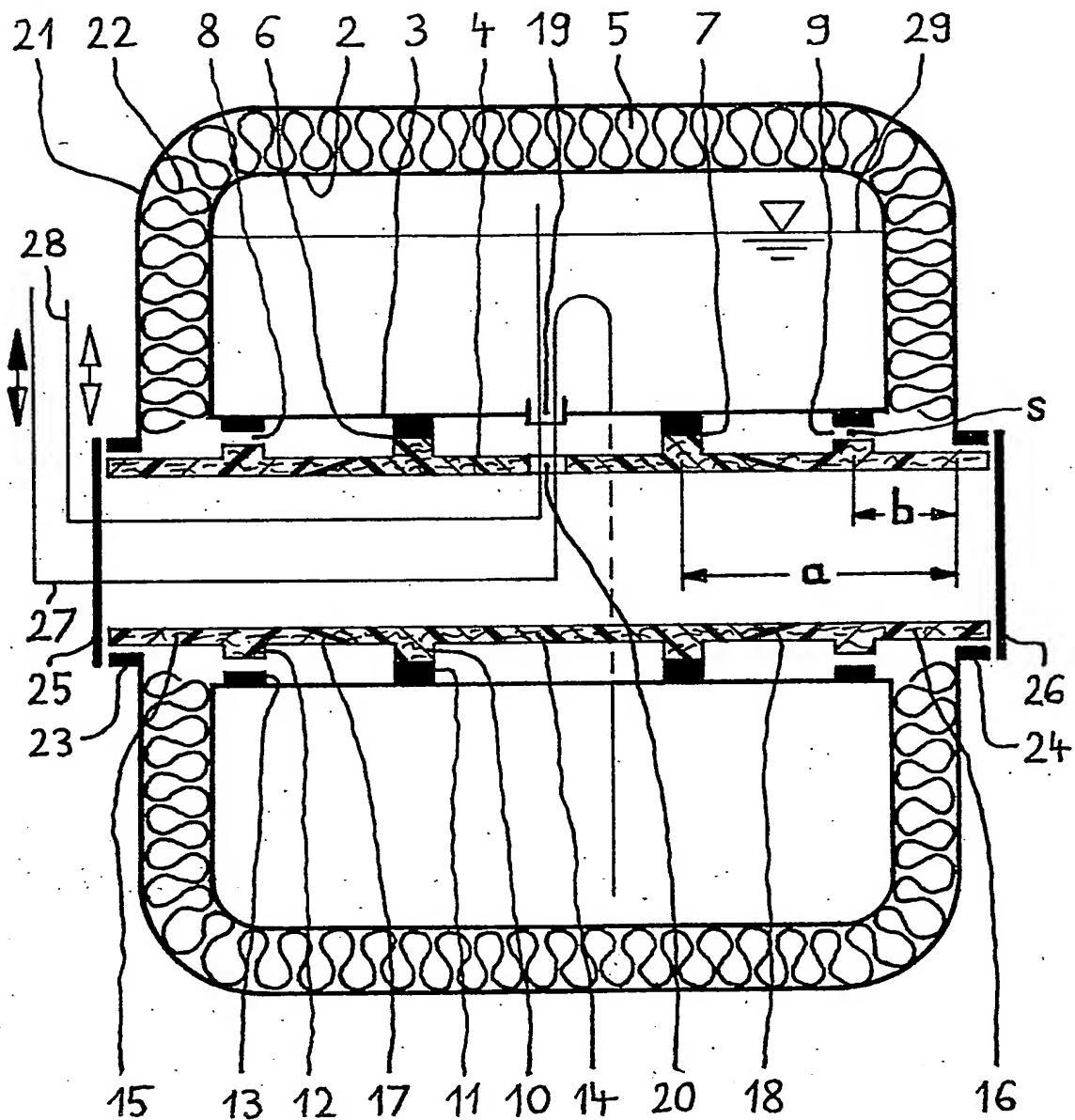
4. Speicheranordnung nach Anspruch 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine zumindest bereichsweise Ausführung des Tragrohres (4) als Glasfaserverbund und/oder Keramikfaserverbund.

5. Speicheranordnung nach Anspruch 4, insbesondere für flüssigen Wasserstoff, gekennzeichnet durch eine Ausführung des Schrumpfsitzbereiches, d. h. des – axial – mittleren Bereiches (14), des Tragrohres (4) als Kohlefaserverbund, wobei im Falle des Vorhandenseins dynamischer Stützlager (8, 9) die Übergangszonen (17/18) Kohlefaserverbund/Glasfaserverbund bzw. Kohlefaserverbund/Keramikfaserverbund – axial – zwischen dem Schrumpfsitz/den Schrumpfsitzen (6, 7) und den dynamischen Stützlagern (8, 9) angeordnet sind.

6. Speicheranordnung nach Anspruch 1 bis 5, gekennzeichnet durch eine Führung aller erforderlichen Leitungen (27, 28) in den bzw. aus dem Behälter (2), z. B. für Flüssigkeit, Dampf, elektrischen Strom etc., durch das Innere des Tragrohres (4) sowie – axial – im Bereich der Behältermitte durch die Wände (19, 20) des Tragrohres (4) und des Rohres (3).

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

1

translation pagination: page 1 of 6 pages

Translation of the Description and Claim 1 for DE 198 16 651 A1, entitled "Storage assembly for cryogenic fluids", assigned to ET GmbH-Gesellschaft für innovative Energie- und Wasserstofftechnologie, published 25 November 1999 from application 198 16 651.6 filed 15 April 1998.

Description

The invention relates to a storage assembly according to the preamble of Claim 1 for cryogenic fluids, in particular for the storage of liquid gas used as a motor vehicle fuel.

Cryogenic tank assemblies of the aforementioned type comprise at least one fillable/emptiable container for receiving and storing the particular cryogenic fluid, and a "specialized" thermal insulation, wherein only through the use of vacuum insulation is it typically possible to achieve low thermal and cold losses at technically and economically feasible insulation thicknesses. The outer shell of the insulation may itself be designed as a container/vessel that has a corresponding strength. Also known is packing for the evacuated space that is capable of bearing mechanical loads and that allows the insulation shell or the — primarily inner — container (there are also containers with internal insulation) to be designed with very thin walls and thus lacking pressure- or vacuum-resistance: the packing absorbs the atmospheric pressure forces. Examples of such materials include silica gel, SiO₂ aerogel, and open-cell foams, which increase the structural strength but which also impair the insulating performance as the result of increased thermal conduction. Highly reflective "mirrored" metal and plastic films are also known; these are provided, with and without spacers, in multiple layers in the evacuated space to reduce thermal/refrigeration losses from radiation. These insulating films may also be combined with the pressure-resistant packing described above. For a container having external vacuum insulation, the container could conceivably be supported and centered almost exclusively by the packing if a packing of sufficient solidity were to be provided in the evacuated intermediate space. Separate suspension for the container in the outer vacuum shell would therefore be unnecessary. Apart from the aforementioned impairment in the insulation performance resulting from increased thermal conduction, there would be a risk that the container might not be centrally seated in the insulation from the outset or with time would migrate into an eccentric position due to gravity, among other factors, with the disadvantage that the insulation would become thinner and therefore less capable on one side. Furthermore, supply and discharge lines for the container might undergo constriction, buckling, rupture, etc., due to container displacement.

For this reason, a defined container suspension with thermally insulated suspension elements designed for static and possibly dynamic loads is generally provided inside the vacuum vessel/outer shell.

Fig. 2a-2c

US 3,979,005 describes an internally insulated cryogenic tank for aircraft for receiving liquid methane, liquid natural gas, or liquid hydrogen. Since the aircraft is intended to fly primarily at high altitudes, i.e., in a relatively cold environment, only a comparatively thin, non-evacuated foam insulation is provided on the inside of the tank. The tank container is designed as a cylinder with semi-toroidal end walls that resemble the contour of an apple in the region of the side of an apple adjacent to the stem, with the result that the centers of the end walls project slightly into the tank in a funnel-like manner and are closed off there by flat plates. Tank suspension in the aircraft cell comprises a central bearing cone that inserts into one of the two end wall funnels, in addition to a plurality of bearing sites on the outer periphery at the other tank end comprising an annular tank reinforcement in this region, elastic but shear-resistant sheet metal brackets, and braces oriented in the direction of the bearing cone. It is noted that the shape of the tank in combination with the specialized suspension should result in minimal thermal stress, in addition to exact centering and positioning of the tank. The necessary fuel lines, etc., are led into the tank through the funnel at the free end of the wall, i.e., centrally. If the aircraft cell is regarded as a vacuum vessel, the described assembly could also be used for containers having external vacuum insulation. However, this complex suspension would be practical only for relatively large, thin-walled, and therefore sensitive lightweight containers. Certain subfeatures of this design, such as the central bearing extending into the container interior or the central line routing, might be advantageous in this or a further improved form, including for smaller, simpler designs.

Based on the foregoing, the object of the invention is to provide a storage assembly for cryogenic fluids that is adapted in particular for small storage volumes and mobile applications, such as, for example, land-based motor vehicles, and that is distinguished by a relatively simple and economical construction, superior insulating performance, and problem-free bearing of anticipated loads with exact positioning and centering of the storage container.

This object is achieved by the characterizing features in Claim 1 in combination with the generic features in the preamble of Claim 1. The container suspension is thus composed only of one support pipe, made of a material based on fiber composite technology, and a pipe resting thereon which runs centrally through the container and is integrated into same. The support pipe extends to the outer shell of the vacuum insulation and is supported there. The at

least one cooling-activated shrink fit between the pipe and support pipe transmits radial, axial, and combined loads through a frictional fit connection, i.e., without relative motion in the fitted region. The central position of the at least one shrink fit, i.e., the heat-conducting contact point between the support pipe and container in the container interior, the long thermal conduction paths to the ends of the support pipe, and the thermal insulating properties of the support pipe (the material and small wall cross-sectional area) produce superior insulation characteristics for the assembly. The fiber composite design of the support pipe makes it light, dimensionally stable, and capable of bearing high mechanical loads, while the selected force flux through the container/pipe/support pipe — and vice versa — results in a favorable distribution of stress in the container walls.

Preferred embodiments of the storage assembly are characterized in the dependent claims pursuant to the main claim.

The invention is explained in greater detail with reference to the drawing, which shows a longitudinal section through a storage assembly according to the invention in a greatly simplified, not-to-scale illustration.

The storage assembly **1** firstly comprises two main elements, i.e., a container **2** for receiving the medium to be stored and vacuum insulation **5** that encloses the container, shown here with an inherently strong outer vacuum vessel **21**. For simplicity, the container **2** is illustrated here as a rotationally symmetrical, substantially cylindrical shape. In practice, however, a wide range of compact shapes, for example, oval, elliptical, polygonal, partially flattened, and recessed or protruding cross sections, in addition to shapes whose cross sections vary over the length of the container, may be considered. The ratio of the container length to the container cross section or to the container diameter may also be chosen over a wide range. With regard to optimal insulation, however, an effort should be made to minimize the container surface in relation to the container volume, i.e., to approximate a spherical shape for the container surface, or at least to select an adequately compact shape. The design of the vacuum vessel **21** is adapted as closely as possible to that of the container **2**, and equal distances (the same insulation thickness) on all sides are favorable. The insulating material **22** represents a large variety of solid materials and solid bodies, on the condition that these can be adequately evacuated. Thus, for example, open-pore plastic foams, pourable fills made of silica gel or SiO₂ aerogel, a radiation-inhibiting film layer (multilayer insulation (MLI)), pourable film elements, and combinations of these possibilities may be considered. Also included is the possibility of providing a "pure" vacuum without an intermediate/fill material. The container **2**

has an integrated pipe 3 that connects the two end surfaces of the container and that is coaxial with the imaginary longitudinal axis of the container, thereby forming a central, continuously open channel through the container 2. The pipe 3 serves primarily to suspend the container 2 in the vacuum vessel 21 through the insertion of a specialized support pipe 4 made of a thermally conductive fiber composite material. Two shrinkage fits 6, 7 positioned between the pipe 3 and the support pipe 4 in the vicinity of the longitudinal center of the container are provided as load-transmitting contact points that are activated by cooling when the container is filled, and that in the cryogenic state transmit axial and radial loads in a frictional fit connection. The support pipe 4 is supported on its ends in the vacuum vessel 21 with the least possible amount of radial and axial play, for which purpose annular bearings 23, 24 and vacuum-tight covers 25, 26 are provided. The vacuum vessel 21 itself is preferably mechanically connected to adjacent components (not shown here), optionally by the bearings and covers 23 through 26. Since the pipe 3 and support pipe 4 are designed with thin walls due to technical weight and insulation considerations, these have annular thickened areas 10, 11 in the region of the shrinkage fits 6, 7 to achieve sufficient rigidity for a frictional fit connection. The relatively large insulation length, i.e., the axial distance of the shrinkage fits 6, 7 from the vacuum vessel 21, is favorable for technical insulation reasons, but as a result has an all the more "soft" container suspension. The introduction of force near the axial center of the support pipe results in considerable bending of the support pipe 4 under heavy dynamic transverse loads. Since the axial distance between the shrinkage fits 6, 7 is distinctly smaller than the length of the container, tilting motions of the container 2 about the imaginary axes transverse to its longitudinal axis are to be expected under elastic deformation of the suspension elements (among others, an "S turn" of the support pipe 4). This "soft" suspension characteristic is counteracted by two dynamic support bearings 8, 9 disposed between the pipe 3 and support pipe 4 a small axial distance b from the vacuum vessel 21. In the statically loaded or dynamically weakly loaded state, the bracing bearings 8, 9 are inactive due to the radial gap s that is open on all sides between the thickened areas 12, 13. In the absence of solid body contact, the bracing bearings 8, 9 have no disadvantageous effect on the insulating action of the suspension. Only under high dynamic transverse or tilting loads do the radial gaps s close locally and quickly, i.e., the bracing action results in support. This results in an additional force flux through the ends of the support pipe (length b), thereby providing de facto relief of the load on the central regions of the pipe and support pipe. A temporary, abrupt, or stepwise increase in the rigidity of the suspension is thus achieved. The brief contact phases of the bracing bearings 8, 9, however, do not result in a significant increase in thermal conduction, i.e., in a perceivable impairment of the insulation performance. The illustrated design of the support pipe, with regions 14 through 16 made of different materials and two transition zones 17, 18, is

specially provided for the storage of cryogenic hydrogen. At the extremely cold temperatures of liquid hydrogen, carbon fiber-reinforced plastics show a better insulating effect than glass- or ceramic fiber-reinforced plastics. This relationship is reversed at less extreme cryogenic temperatures. Therefore, in the support pipe 4 the coldest center region 14 should be designed of carbon fiber composite, and the less cold, outer regions 15, 16 should be designed of glass- or ceramic fiber composites. The transition zones 17, 18 are situated between the shrinkage fits 6, 7 and the bracing supports 8, 9. For the storage of less cold liquid gases and liquid gas mixtures, such as CH₄ or LNG, the support pipe is produced as a uniform fiber composite over its entire length. Another aspect of the invention is the line arrangement through the interior of the support pipe 4 in the center of the container 2. The pipe 3 and support pipe 4 have corresponding penetrating openings 19, 20, wherein the penetrating opening 19 on the container side naturally must be closed off. The figure shows by way of example a line 27 for the introduction and removal of the stored fluid and a ventilation line 28, both of which lead through the cover 25 to or from the vacuum vessel 21 in a vacuum-tight manner. A comparable lead could be provided for power lines and other lines, the advantages being primarily in terms of insulation (long thermal conduction path, only one central penetration region in the insulation). When at least one mechanically stable line is present, this line may also be used for fixing the container 2 in the axial and circumferential directions when the shrinkage fits are inactive, i.e., when the storage assembly 1 is in the warm state.

Claim 1

1. Storage assembly for cryogenic fluids, in particular for the storage of liquid gas used as a motor vehicle fuel, that is provided with a fillable/emptiable container for receiving the cryogenic fluid, a thermally insulating container suspension designed for static and dynamic loads, and vacuum insulation enclosing the container, preferably in the form of a vacuum vessel equidistant from the container on all sides, with insulation in the evacuated intermediate space that exhibits poor thermal conduction and/or is radiation reflective, **characterized by**
 - a continuously open pipe (3) that is centrally integrated into the container (2) and that connects opposite sides of the container;
 - a support pipe (4) that leads through the pipe (3) and through both sides of the container (2) to the outer shell (21) of the vacuum insulation (5) and is supported there, wherein the support pipe (4) is composed of thermally insulating fiber composite material and is designed, at least over the majority of its length, with thin walls; and
 - at least one shrink fit (6, 7) that connects the pipe (3) and the support pipe (4) through a frictional fit in the region of the — axial — center of the container and pipe by contraction during cooling.